

Análise espacial da produção madeireira nos anos de 2009 e 2018

Spatial analysis of wood production in the years 2009 and 2018

Ulisses de Souza Lima– Universidade Federal de Alfenas

Patrícia de Siqueira Ramos– Universidade Federal de Alfenas

RESUMO

O setor de florestas plantadas é importante para a economia do Brasil, um dos principais produtores mundiais. Os principais produtos são madeira em tora, madeira para carvão e lenha. A produção apresenta padrões espaciais. O trabalho analisou aspectos espaciais da produção de madeira para lenha, tora e carvão vegetal em 2009 e 2018, usando dados da PEVS – IBGE. Foi usada análise exploratória de dados espaciais com o índice *I* de Moran. Os resultados mostram crescimento da produção e dependência espacial positiva para todas as variáveis. Aglomerações alto/alto estão relacionadas a regiões com cadeias produtivas bem estabelecidas de celulose, carvão vegetal e produção agrícola. A pesquisa sugere que grandes aglomerados produtivos da silvicultura estão em grandes polos industriais, atendendo à demanda regional.

Palavras-chave: Produção Florestal. Autocorrelação espacial. *I* de Moran.

ABSTRACT

The planted forest sector is important to Brazil's economy, one of the world's leading producers. The main products are roundwood, wood for charcoal, and firewood. Production shows spatial patterns. The study analyzed spatial aspects of wood production for firewood, roundwood, and charcoal in 2009 and 2018, using data from PEVS – IBGE. Exploratory spatial data analysis was used with Moran's *I* index. Results show production growth and positive spatial dependence for all variables. High/high clusters are related to regions with well-established production chains for pulp, charcoal, and agricultural production. Research suggests that large productive clusters of forestry are in major industrial hubs, meeting regional demand.

Keywords: Forest Production. Spatial autocorrelation. Moran's *I*.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos maiores produtores de madeira proveniente de plantios florestais. As características edafoclimáticas, relativas ao solo e clima, sua extensão territorial e o desenvolvimento tecnológico obtido nas áreas de silvicultura e manejo florestal fizeram do país um importante produtor mundial.

O setor de florestas plantadas do Brasil demonstra grande força diante do cenário macroeconômico atual. O PIB (Produto Interno Bruto) do setor para o ano de 2018 alcançou a marca de R\$ 73,8 bilhões, o que corresponde 1,1% do PIB nacional (IBÁ, 2018).

A atividade florestal compreende um variado conjunto de produtos e segmentos, que se caracterizam desde a produção até a transformação da madeira em celulose, papel, madeira

serrada, carvão vegetal, lenha e painéis de madeira principalmente, além dos produtos não madeireiros. Cada uma dessas atividades em questão possuem uma dinâmica de mercado específica, em que as condições para o seu desenvolvimento estão associadas as regiões produtoras de floresta e determinada pela demanda e oferta de madeira.

Portanto, faz-se necessário a formulação de estratégias específicas para cada região produtora em detrimento ao tipo de produto florestal característico a essas localidades (MOREIRA; SIMIONI; OLIVEIRA, 2017). Dessa maneira, o uso da análise de dados espaciais vem a ser uma ferramenta essencial na compreensão dos fatores envolvidos na produção de madeira para as regiões produtoras, sendo capaz de propiciar análises que visam encontrar certos padrões espaciais que podem auxiliar na elaboração de estratégias para a produção florestal.

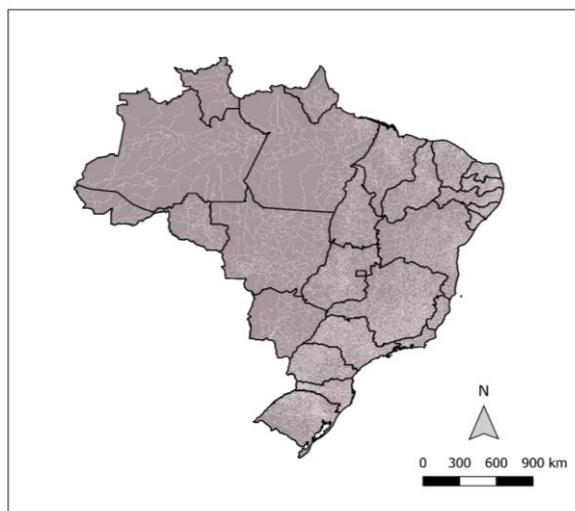
Nesse contexto, o presente estudo objetiva compreender, através da análise exploratória de dados espaciais, a forma como a produção de madeira advinda de plantações florestais no Brasil é afetada pela componente espacial em relação aos municípios, produtores ou não, vizinhos entre si. Foram comparados os anos de 2009, caracterizado pelo reflexo negativo da crise mundial de 2008, com o período mais atual até a publicação deste estudo, 2018, com a finalidade de comparar os padrões espaciais observados na produção de madeira em tora, lenha e carvão vegetal nos municípios brasileiros.

Para tal análise foram utilizados conceitos de estatística espacial para dados de área, onde os índices utilizados para medir o efeito da dependência espacial foram *I* de Moran global e sua resultante local, importante na construção de mapas capazes de evidenciar o modo como as aglomerações espaciais se apresentam.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do trabalho envolve praticamente todos os municípios do Brasil (FIGURA 1), excluindo somente algumas ilhas situadas na costa brasileira, como o arquipélago de Fernando de Noronha e Ilha Bela, a fim de se evitar algum tipo de viés que possa prejudicar as análises.



Fonte: O Autor (2020).

FIGURA 1: Mapa do Brasil: áreas territoriais dos estados e municípios brasileiros.

2.2 COLETA DE DADOS

Nessa pesquisa foi considerada a produção total de florestas plantadas no Brasil cuja a finalidade foram produtos madeireiros como carvão, lenha e madeira em tora. Os dados da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS) utilizados nesse trabalho foram coletados no Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Para esse estudo foram considerados os dados dos anos de 2009 e 2018. Em 2009, o setor madeireiro de florestas comerciais enfrentou a pior crise da última década em consequência da crise econômico-financeira mundial ocorrida no ano anterior, 2008, o que refletiu nos baixos valores de produção para o período (ABRAF, 2011). Assim, o presente trabalho considerou importante analisar o modo como esses valores se distribuem em relação aos municípios brasileiros no período de crise comparando posteriormente com a distribuição da produção de madeira no período mais atual na base dados, 2018. As informações sobre a quantidade de lenha, madeira em tora estão expressas em metros cúbicos (m³), enquanto que para a variável carvão em toneladas (t).

2.3 ANÁLISE DE DADOS

Foi realizada uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) das variáveis de produção total de lenha, madeira em tora e carvão em relação a todos os municípios brasileiros.

Para essa análise foi utilizada a linguagem *Python* (PYTHON, 2019) com os pacotes *Pysal*, específico para análise exploratória de dados espaciais, e *Geopandas*, usado na manipulação e visualização de dados espaciais.

Após a realização da análise exploratória preliminar, isto é, depois de obtidos as estatísticas gerais sobre os dados de cada variável de interesse, como a média, mediana, o desvio padrão, a produção máxima, mínima e total para os períodos analisados, elaborou-se um mapa temático de intervalos iguais ($k = 5$, para todas as variáveis) com finalidade de observar espacialmente os valores de produção distribuídos em classes de mesma amplitude. Assim, definida a matriz de proximidade espacial do tipo contígua na forma rainha, calculou-se o índice I de Moran global, realizando o teste de pseudo-significância com 1.000 permutações a um nível de significância $\alpha = 5\%$.

O I de Moran global propicia uma medida global de associação linear entre os valores de uma variável observados numa determinada área e a média ponderada dos valores de seus vizinhos conforme descrito na fórmula a seguir (MORAN, 1948):

$$I = \frac{n}{W_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w'_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}$$

Sendo que: $W_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w'_{ij}$ é o fator de normalização, n é o número de áreas, z_j é o valor da variável considerado na área, i e z o valor da variável em relação aos vizinhos, \bar{z} o valor médio na região de estudo e w'_{ij} os elementos da matriz normalizada de proximidade espacial. Esta estatística varia entre o intervalo -1 e 1 , os valores perto de zero indicam a não existência de dependência espacial; valores próximos de 1 , indicam que essa dependência existe e é positiva, ou seja, há presença de *clusters* espaciais, onde os vizinhos possuem características semelhantes entre si; e valores próximos de -1 significa que essa relação existe, mas é negativa, ocorre a dissimilaridade entre os vizinhos caracterizados como *outliers* espaciais (DRUCK *et al.*, 2004).

Com a obtenção de uma estatística global significativa, ou seja, que rejeita a hipótese de que os dados referentes a regiões de interesse possuem distribuição aleatória, foram realizadas as análises do I de Moran local, de acordo com a fórmula a seguir:

$$I_i = (z_i - \bar{z}) \sum_{j \in J_i} w_{ij} (z_j - \bar{z})^2$$

Onde J_i representa o conjunto de áreas vizinhas a área i , o somatório das j áreas pertencem as áreas J_i .

A interpretação dessa análise é feita com um diagrama de dispersão onde é apresentado a autocorrelação espacial positiva e negativa. O gráfico de dispersão é dividido em quadrantes, onde o primeiro constitui um agrupamento em que as unidades espaciais como também a média de seus vizinhos apresentam altos valores, denominado agrupamento alto/alto. No segundo quadrante os valores são baixos, agrupamento baixo/baixo. Já o terceiro e quarto representam incidências destoantes em relação aos seus vizinhos, caracterizando aglomerações alto/baixo e baixo/alto respectivamente.

Paras as análises e teste (pseudo-significância com 1.000 permutações e $\alpha = 5\%$) da estatística local foram construídos mapas LISA, do inglês *Local Indicator of Spatial Association*, com o objetivo de identificar padrões ou *clustes* de autocorrelação local, bem como os *outliers* espaciais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DESCRITIVA

A tabela abaixo apresenta as estatísticas descritivas gerais da produção nacional de produtos florestais madeireiros oriundos da silvicultura de acordo com a classificação adotada pelo PEVS – IBGE de 2009 e 2018.

TABELA 1: Estatísticas descritivas gerais da produção de madeira proveniente de plantios florestais no Brasil para finalidade de lenha (m³), tora (m³) e carvão vegetal (t) nos anos de 2009 e 2018.

Ano	Variável	Nº de municípios produtores	Média	Desvio padrão	Mín.	Mediana	Max.	Total
2009	Lenha	2.274	18.210,57	31.842,29	1	3.265,00	767.826,00	41.410.850,00
	Tora	2.015	53.057,77	23.729,17	1	1.250,00	4.411.647,00	106.911.408,00
	Carvão	851	3.970,05	19.542,40	1	90,00	305.295,00	3.378.520,00
2018	Lenha	2.551	20.619,82	29.328,05	3	7.000,00	1.222.200,00	52.601.179,00
	Tora	2.242	65.327,31	25.229,42	2	3.100,00	5.342.722,00	146.463.834,00
	Carvão	903	6.709,27	22.258,13	1	320,00	443.814,00	6.058.476,00

De acordo com a Tabela 1, em 2009, o Brasil registrou a produção de 41.410.850,0 m³ de lenha, 106.911.408,0 m³ de madeira em tora e 3.378.520,0 t de carvão vegetal, distribuídos respectivamente entre 2.274, 2.015 e 851 municípios produtores. Desse modo, a produção média entre os municípios produtores correspondeu a 18.210,57 m³ de lenha, 53.057,77 m³ de tora e 3.970,05 t de carvão. Os municípios classificados como os maiores produtores em 2009 foram Santa Cruz do Sul (RS), com o total de 767.826,0 m³ de lenha, Telêmaco Borba (PR), com 4.411.647,0 m³ de madeira em tora e Encruzilhada do Sul (RS), com o total de 3.378.520,0 toneladas de carvão vegetal (IBGE, 2010).

Em 2018, observa-se um aumento na produção nacional e no número de municípios produtores de madeira proveniente da silvicultura para todas as variáveis. Foram produzidos um total de 52.601.179,0 m³ de lenha, distribuídos entre 2.551 municípios; 146.463.834,0 m³ de madeira em tora, 2.242 municípios; e 6.058.476,0 t de carvão vegetal, 903 municípios. Assim, a produção média apresentou crescimento de 13,3% na produção de lenha, 23,12% de madeira em tora e 69% para o carvão vegetal em relação ao ano de 2009. O município com maior produção de lenha da silvicultura em 2018 foi Butiá (RS), com 1.222.200,0 m³, o que corresponde um crescimento de 59% comparado ao município que mais produziu em 2009. No caso de madeira em tora a maior produção foi no município de Três Lagoas (MS), com 5.342.722,0 m³ produzidos, o que representa um crescimento de 129% do valor observado anteriormente. Para o carvão vegetal o crescimento foi de cerca de 145% (443.814,0 t) (IBGE, 2019).

Considerando a produção de lenha, os maiores produtores foram os estados do Rio Grande do Sul e Paraná. Na região Sudeste, os estados de Minas Gerais e São Paulo são os destaques. Segundo Cunha (2019), a lenha da silvicultura é principalmente utilizada em fornos para secagem de grãos, em indústrias alimentícias, no processo de beneficiamento de vários tipos de minérios e no uso comercial em geral.

Os principais estados produtores de madeira em tora foram Paraná e São Paulo. Em 2018, o estado do Paraná representou 23% da produção total, pouco à frente do estado de São Paulo (22%), Mato Grosso do Sul (14%), Santa Catarina (12,3%), Bahia (11,8%) e Espírito Santo (7,6%). O estado do Mato Grosso do Sul merece destaque, uma vez que apresentou um crescimento de 57% na produção quando comparado com 2009. A maioria da produção nacional de tora são usadas para celulose e madeira processada (CUNHA, 2019).

Quanto à produção de carvão vegetal da silvicultura, esta apresentou um grande crescimento, 79,3% em relação a 2009. O estado de Minas Gerais é o principal produtor de carvão com cerca de 78% de toda a produção nacional em 2018, seguido pelo estado do Maranhão, com 8% do total. A grande produção de carvão em Minas Gerais pode estar associado à força do setor siderúrgico nesse estado, onde se localizam os principais polos produtores de ferro-gusa e aço do país, indústria dependente de carvão vegetal (CUNHA, 2019).

3.2 ANÁLISE ESPACIAL

3.2.1 Índice de autocorrelação global e diagrama de dispersão

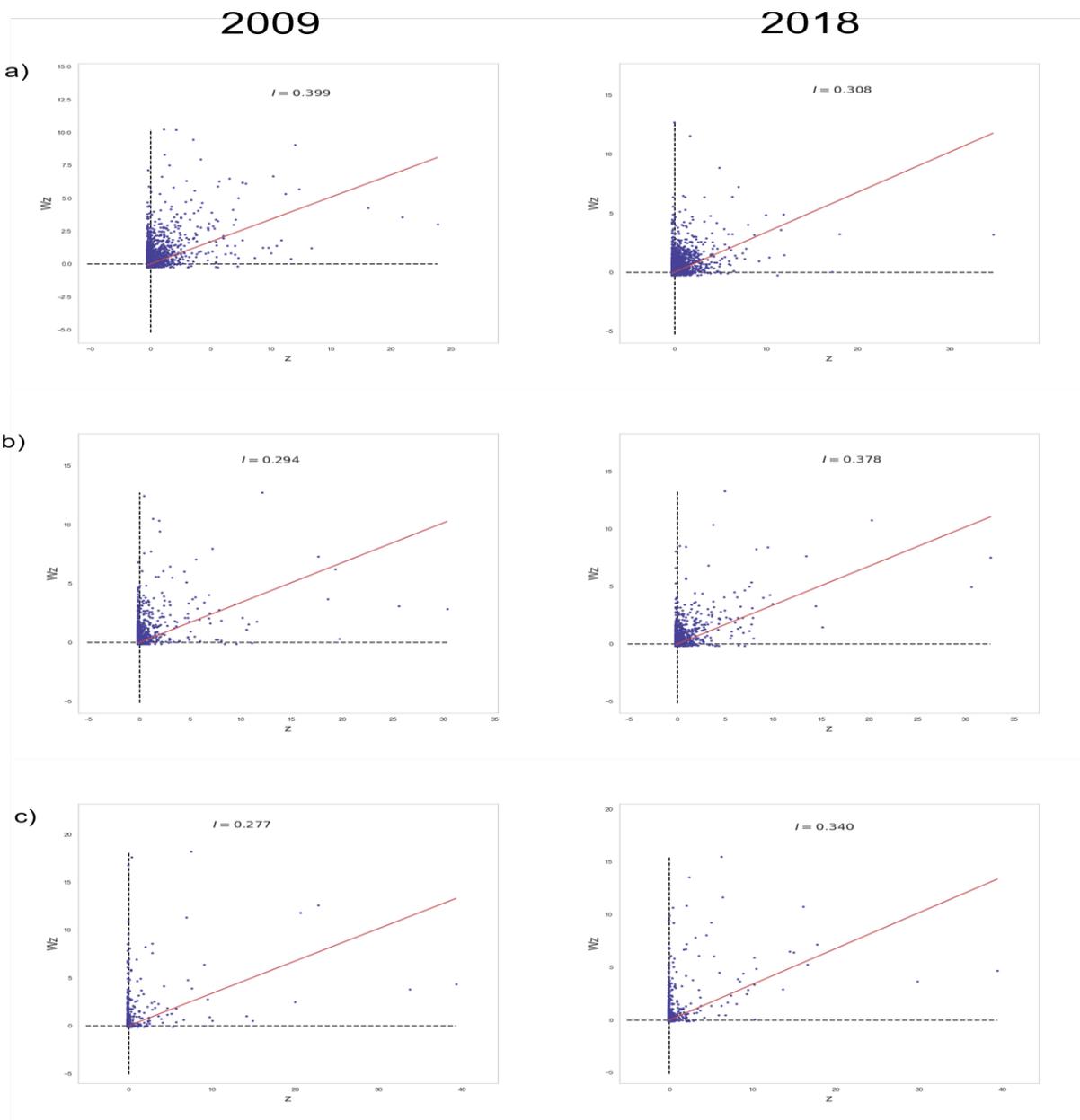
Os resultados do índice de Moran global e seus respectivos valores $-p$ são apresentados na Tabela 1 a seguir, onde pode-se observar a ocorrência de autocorrelação espacial global positiva para os dois períodos analisados e para todas as variáveis em questão.

TABELA 2: Valor do I de Moran global e seu respectivo valor- p para as variáveis deste estudo nos anos de 2009 e 2018.

Ano	Variável	I de Moran	Valor - p
2009	Lenha	0,399	0,001
	Tora	0,294	0,001
	Carvão	0,277	0,001
2018	Lenha	0,308	0,001
	Tora	0,378	0,001
	Carvão	0,340	0,001

Esse resultado é semelhante ao observado no estudo de Perobelli *et al.* (2007) em que os índices global e local I de Moran mostram a presença da dependência espacial na produtividade agrícola no Brasil e seus respectivos *clusters*.

Os diagramas de dispersão de Moran (FIGURA 2) mostram uma inclinação positiva da curva, confirmando a existência de autocorrelação espacial positiva em todas as variáveis e períodos analisados.



Fonte: O Autor (2020).

FIGURA 2: Diagramas de dispersão de Moran com os valores padronizados em ao ano de 2009 e 2018. Em que: a) Lenha proveniente da silvicultura (m³); b) Madeira em tora (m³); c) Carvão vegetal (t).

A Tabela 3 mostra os números de municípios de cada quadrante no diagrama de dispersão de Moran.

TABELA 3: Número de municípios nos quadrantes no diagrama de dispersão de Moran para as variáveis deste estudo nos anos de 2009 e 2018.

Quadrante	Lenha (m ³)		Tora (m ³)		Carvão vegetal (t)	
	2009	2018	2009	2018	2009	2018

alto/alto	622	753	322	414	184	234
alto/baixo	163	916	61	128	50	62
baixo/baixo	4.150	3.824	4.788	4.477	5.021	4.950
baixo/alto	634	760	398	549	307	322

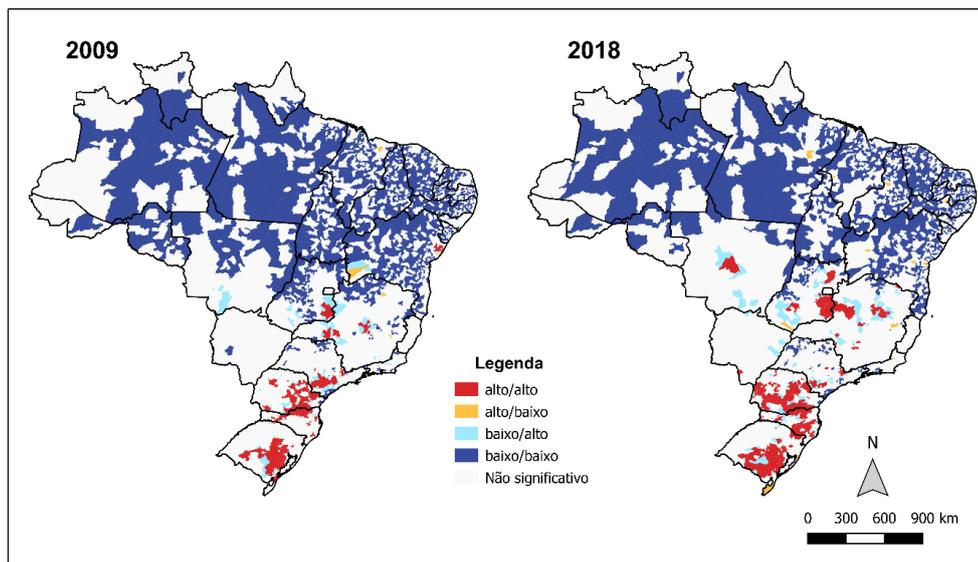
Com relação a produção de lenha em 2018, foram identificados 753 municípios no quadrante alto/alto, um aumento de aproximadamente 21% em relação ao ano de 2009. Em relação ao quadrante alto/baixo observou-se um crescimento de 560% no número de municípios, sobretudo nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. No quadrante baixo/baixo, se encontra a maioria dos municípios brasileiros, confirmando que a maior parte da produção de lenha ocorre de forma concentrada em regiões altamente produtivas. No quadrante baixo/alto também teve um aumento quanto ao número de municípios, fato que pode estar relacionado com expansão de municípios que produzem em grandes quantidades (IBGE, 2019). Para a produção de madeira em tora, foram registrados 414 municípios no quadrante alto/alto, o que corresponde um aumento de 29%. A quantidade de municípios presente no quadrante do tipo baixo/baixo pouco mudou. Esses resultados podem estar associados a expansão da produção de madeira em tora, uma vez que o número de municípios pertencentes ao quadrante alto/baixo praticamente dobrou nos períodos analisados. No caso da produção do carvão vegetal, o maior crescimento no número dos municípios foi no quadrante alto/alto, com aproximadamente 27%.

3.3 MAPAS LISA

Os resultados apresentados anteriormente não informam quais são os municípios significativos, sendo necessário discriminá-los por meio dos indicadores locais LISA, capazes de proporcionar a identificação das regiões de agrupamentos espaciais e suas áreas correspondes.

3.3.1 Madeira para lenha (m³)

O resultado do mapa LISA da variável madeira destinada para lenha é apresentado na Figura 3.



Fonte: Autor.

FIGURA 3: Mapa LISA ($\alpha = 0,05$) para a variável lenha (m^3) nos anos de 2009 e 2018.

O mapa LISA no ano de 2009 mostra que o sul do estado de São Paulo, parte do eixo norte-sudeste do Paraná, o norte de Santa Catarina, o centro-leste e o sudeste do Rio Grande do Sul, concentram a maior parte dos municípios significativos em relação aos *clusters* do tipo alto/alto, sendo responsáveis por 74% de toda a produção nacional de lenha. Em 2018, observa-se um aumento considerável quanto ao número de municípios no quadrante alto/alto, principalmente no Sul do Brasil, onde regiões pertencentes ao oeste do Paraná, sul de Santa Catarina e o extremo sul do Rio Grande do Sul passaram a apresentar municípios do tipo alto/alto. Além disso, pode-se observar também um deslocamento dos municípios significativos do tipo alto/alto em Minas Gerais no ano de 2018, onde foi observada uma concentração maior de municípios na parte oeste do estado, formando um aglomerado com alguns municípios vizinhos da região do leste e sul de Goiás. Já as regiões com *clusters* espaciais do tipo baixo/baixo pertencem majoritariamente ao Norte e Nordeste do país, em ambos os períodos analisados, com exceção de alguns municípios do tipo baixo/baixo presentes no norte de Minas Gerais e na parte norte e litorânea de São Paulo e Rio de Janeiro.

Em relação aos *outliers*, apenas o município de Jaborandi (Bahia) apresentou comportamento significativo para alto/baixo no ano de 2009. Em 2018, além desse município, foram Mata de São João (BA), Paty do Alferes (RJ), Engenheiro Caldas (MG), Bom Jesus do Galho (MG) e Urbano Santos (MA). Já os municípios que apresentaram comportamento

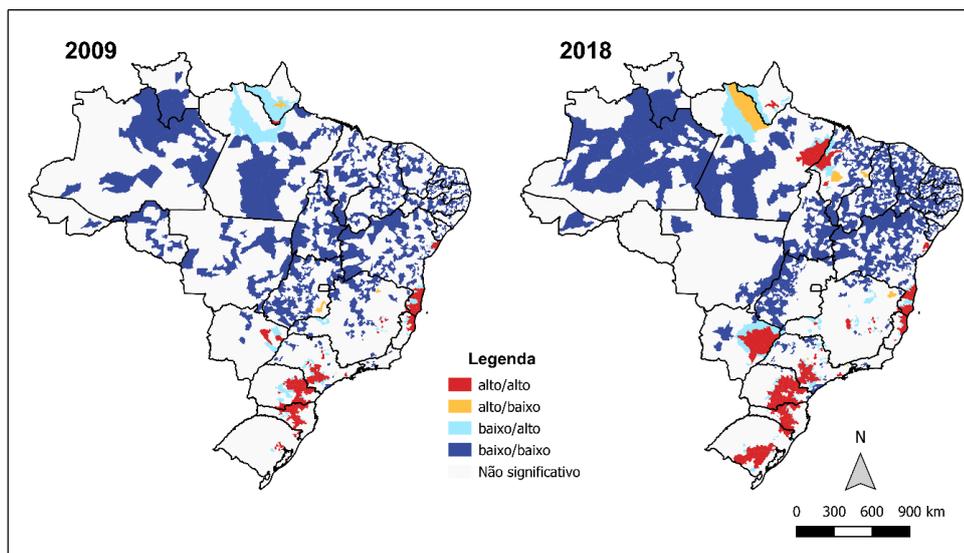
significativo do tipo baixo/alto foram aqueles onde principalmente não houve a produção de lenha e eram vizinhos de grandes produtores.

Ao considerar os municípios de maior produção de madeira para lenha em 2009 observa-se que eles compõem os aglomerados significativos do tipo alto/alto. Santa Cruz do Sul, Encruzilhada do Sul, São Jerônimo, Pântano Grande e Paverama, pertencentes ao Rio Grande do Sul, Itaberá e Itapetininga, em São Paulo, e Paraopeba em Minas Gerais, estão entre os dez maiores produtores do país, e são responsáveis por 38% da produção brasileira no período analisado.

Em 2018, os municípios que mais produziram madeira para lenha, se concentraram na porção Sul do país. Desse modo, pode-se observar a existência de aglomerações significativas do tipo alto/alto relativamente próximas. Os municípios de Butiá, Montenegro, Paverama, Encruzilhada do Sul e Triunfo, no Rio Grande do Sul e Telêmaco Borba e Toledo no Paraná representam grandes aglomerados do tipo alto/alto, responsáveis por 43,6% de toda a produção em 2018. O estado do Rio Grande do Sul se destaca por apresentar uma certa estabilidade quanto às aglomerações do tipo alto/alto se comparado ao ano de 2009. Observou-se que os municípios significativos para o *cluster* alto/alto de madeira para lenha se deslocaram para as regiões Sul e Centro-Oeste do país. Esse resultado também foi observado no trabalho de Simioni *et al.* (2017), que comparou a produção de lenha da silvicultura nos anos de 2000 a 2011 e identificou que o Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul constituem em grandes polos produtores tradicionais do país.

3.3.2 Madeira em tora (m³)

O resultado dos mapas LISA para madeira em tora são apresentados na Figura 4.



Fonte: O Autor (2020).

FIGURA 4: Mapa LISA ($\alpha = 0,05$) para a variável madeira em tora (m^3) com destaque para a região de maior importância no valor da produção nacional em relação aos clusters do alto/alto em 2018.

Conforme a Figura 4, no ano de 2009, as principais regiões significativas do tipo alto/alto estão localizadas no sul dos estados da Bahia e São Paulo, no norte do estado do Espírito Santo, no eixo norte-sul do leste do Paraná e também na região central de Santa Catarina. Alguns outros municípios significativos para o tipo alto/alto se apresentaram de forma isolada no leste do Mato Grosso do Sul, no Nordeste Baiano e na região do Rio Doce em Minas Gerais.

Em 2018, à disposição dos municípios do tipo alto/alto se manteve relativamente próximo ao período anterior em relação aos estados do Espírito Santo, Bahia, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, só que agora nota-se também grandes aglomerados pertencentes a região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, leste do Mato Grosso do Sul, na porção nordeste do estado do Pará e no oeste Maranhense. Os municípios isolados do tipo alto/alto isolados podem ser observados no sul do Amapá e Maranhão.

Dos municípios do tipo baixo/baixo, a maioria pertence às regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil para ambos os períodos analisados. A grande parte desses municípios, além de estarem próximos entre si, não produziram nenhuma quantidade de madeira. Nesse contexto, cabe ressaltar que a estatística local em 2018 foi significativa para o padrão do tipo baixo/baixo, fato que condiz com o histórico de produção de madeira em tora proveniente da

silvicultura nessas regiões, onde são locais em que a produção apresentou um baixo valor ou nunca ocorreu, com exceção do estado do Mato Grosso do Sul (grande produtor nacional).

Quanto aos *outliers* espaciais significativos do tipo alto/baixo, em 2009 apenas os municípios de Porto Grande (sul do Amapá), Ipameri (sul de Goiás), Riacho dos Machados (norte de Minas) e Caieiras (região metropolitana de São Paulo) apresentaram esse comportamento. Em 2018, os municípios de Almeirim (baixo Amazonas), Grajaú (centro maranhense), Parnarama (leste maranhense), Jequitinhonha (região do Jequitinhonha em Minas Gerais), Bocaina (Bauru) e Cachoeira Paulista (Vale do Paraíba) em São Paulo apresentaram o comportamento significativo para o tipo alto/baixo. Já os *outliers* do tipo baixo/alto, observa-se que os municípios significativos nos períodos analisados foram majoritariamente vizinhos de grandes aglomerados do tipo alto/alto, com exceção de alguns municípios localizados de maneira isolada na parte norte do estado do Pará, e sul do Amapá e de Minas Gerais.

Com relação aos aglomerados formados por municípios significativos do tipo alto/alto, em 2009, pode-se observar duas macrorregiões principais. A primeira macrorregião é composta por 117 municípios produtores e se estende através de um eixo contínuo, que compreende parte sudeste do estado São Paulo, atravessa o Paraná e termina no sul de Santa Catarina, sendo representado basicamente pelos municípios de Telêmaco Borba (centro-leste paranaense), General Carneiro (sudeste paranaense) e Itapetininga (região de Itapetininga em São Paulo), com produção equivalente a 41,4% do total para o período. A segunda macrorregião, é composta por 24 municípios localizados entre o norte do estado do Espírito Santo até o sul da Bahia, e corresponde a 19,2% do total da produção de madeira em tora para o ano de 2009, sendo representados pelos municípios de Conceição da Barra (ES), Mucuri, Nova Viçosa e Caravelas (BA).

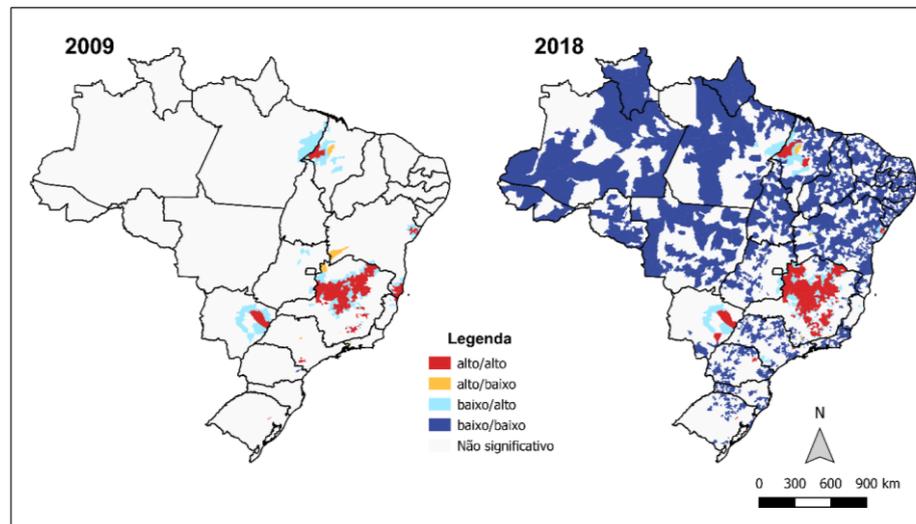
Os aglomerados do tipo alto/alto para o ano de 2018 se apresentaram de forma mais abrangente em relação ao observado anteriormente. Nesse período, constata-se a ocorrência de cinco macrorregiões com aglomerações entre municípios significativos do tipo alto/alto, localizados nos entre os estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina; Rio Grande do Sul; Mato Grosso do Sul; Bahia e Espírito Santo; Pará e Maranhão. Embora essas macrorregiões sejam de grande importância, quando se leva em consideração a quantidade de madeira produzida, observa-se que apenas três desses aglomerados são fundamentais para a produção de madeira em tora no país.

O aglomerado do tipo alto/alto que pertence ao eixo São Paulo, Paraná e Santa Catarina ainda se caracteriza como a macrorregião de maior importância na produção de madeira em tora. Porém, o município de Itapetininga (SP) não mais representa a região como em 2009, sendo ultrapassado pelo município de Ortigueira (região centro-leste paranaense). Isso faz com que o estado do Paraná seja centro produtivo dessa região, que conta com 146 municípios e corresponde a aproximadamente 38% do total produzido para o período. A segunda macrorregião de maior importância dentre os aglomerados do tipo alto/alto, em 2009, abrange alguns municípios da região do leste do Mato Grosso do Sul, como Três Lagoas, Selvíria, Água Clara e Ribas do Rio Claro. Esse aglomerado possui apenas dez municípios, no entanto corresponde a 12,1% de toda a produção em 2018. O terceiro aglomerado, é formado por municípios do tipo alto/alto localizados entre o norte do Espírito Santo e o sul da Bahia. Essa região também é um importante produtor nacional, visto que em 2009 os indicadores locais LISA confirmaram a existência de aglomeração do tipo alto/alto entre os municípios próximos, contando com 24 cidades produtoras e produção de 10,2% do total em 2018. Os principais produtores e representantes da região são os municípios de Mucuri, Nova Viçosa e Caravela, todos pertencentes ao sul da Bahia.

Diante disso, os resultados obtidos confirmam que a produção de madeira em tora proveniente da silvicultura se concentra nos grandes polos produtores, onde as maiores indústrias do setor atuam. Principalmente as grandes empresas de celulose e papel como a Klabin na região do município de Telêmaco Borba (PR), Suzano Papel e Celulose, na microrregião de Três Lagoas (MS) e Veracel Celulose, situada no sul baiano (HORA, 2017).

3.3.3 Carvão vegetal (t)

Por fim, a Figura 5 mostra o mapa LISA para os anos de 2009 e 2018 da produção de madeira para carvão registrada por município.



Fonte: O Autor (2020).

FIGURA 5: Mapa LISA ($\alpha = 0,05$) para a variável produção de carvão vegetal (t) nos anos de 2009 e 2018.

De acordo com a Figura 5, em 2009, as regiões dos Estados de Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Maranhão, Espírito Santo, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul apresentaram municípios e ou aglomerações do tipo alto/alto. O estado de Minas Gerais se destacou por apresentar o maior número dos municípios significativos alto/alto no período, formando um grande aglomerado na parte central, noroeste e norte do estado. O sul da Bahia e norte do Espírito Santo também apresentaram um aglomerado de municípios do tipo alto/alto. Alguns outros municípios importantes para a produção nacional apresentaram *clusters* alto/alto de maneira isolada, como no caso de Três Lagoas, leste do Mato Grosso do Sul, e Açailândia, no oeste maranhense.

Em 2018, Minas Gerais continuou com o maior número de municípios significativos alto/alto, expandindo para a porção sul e leste do estado. Em relação aos estados produtores, quando comparado com o período anterior, não houve grandes alterações, com exceção o estado do Espírito Santo, onde não foram registrados municípios significativos. Quanto a composição dos municípios alto/alto, nota-se algumas diferenças importantes em relação ao ano de 2009, principalmente nos estados da Bahia, Maranhão e São Paulo. Nos estados da Bahia e São Paulo observa-se um número menor de municípios significativos quando comparando ao período anterior analisado. No caso do estado do Maranhão, constata-se um número maior de municípios do tipo alto/alto na parte oeste do estado quando comparado ao período anterior.

Para o *cluster* espacial do tipo baixo/baixo, apenas os municípios de Bocaiúva do Sul, pertencente à região metropolitana de Curitiba, e Lupionópolis, no norte central paranaense, apresentaram significância no ano de 2009. No período posterior analisado, o índice local foi significativo para a grande maioria dos municípios pertencentes às regiões Norte e Nordeste do Brasil, como também muitos outros municípios pertencentes aos estados de Mato Grosso, Goiás, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Quanto aos *outliers* espaciais da produção de madeira para carvão, a grande parte dos municípios que apresentaram agrupamento do tipo baixo/alto foram justamente aqueles próximos aos municípios ou aglomerados do tipo alto/alto e não produziram valor algum para ambos os períodos analisados. Quanto aos *outliers* do tipo alto/baixo observa-se apenas os municípios de Bariri (Bauru, SP), São Bento do Abade (sul de Minas Gerais), Buritis (noroeste de Minas Gerais), Jaborandi (extremo oeste da Bahia), Volta Redonda (sul do Rio de Janeiro), Santa Luzia e São Pedro da Água Branca (oeste do Maranhão) para o ano de 2009 e nenhum em 2018. Em relação aos aglomerados do tipo alto/alto para o ano de 2009, observa-se duas regiões distintas: a primeira, é uma grande região formada por municípios da parte central, noroeste e norte do estado de Minas Gerais, a segunda, em proporção menor, compreende alguns municípios do oeste do Maranhão.

O aglomerado do tipo alto/alto pertencente ao estado mineiro possui 85 municípios e conta com cerca de 78% de toda a produção nacional de madeira para carvão proveniente da silvicultura em 2009. Os municípios de Lassance e Rio Pardo de Minas no norte de Minas Gerais; Curvelo, Três Marias e Felixlândia, localizados na região central mineira; João Pinheiro, no Noroeste, e Itamarandiba, na região do Jequitinhonha, representam esse grande aglomerado. A outra região é composta pelos municípios de Açailândia, Bom Jesus das Selvas, Cidelândia e Itinga no Maranhão, todos pertencentes ao oeste do estado, apresentando com aproximadamente 3,6% do total produzido para o período.

Em 2018, os aglomerados do tipo alto/alto se mantiveram entre os estados e praticamente entre mesmas regiões quando comparado ao período anterior. Desse modo, em Minas Gerais observa-se que o aglomerado formado por municípios do tipo alto/alto abrange quase todas as mesorregiões do estado, é composta por 159 municípios e corresponde a 76,6% da produção total em 2018, sendo representado pelos municípios de João Pinheiro e Vazante, no noroeste mineiro; Itamarandiba, Carbonita, Turmalina e Minas Novas, na região do

Jequitinhonha; Três Marias, Curvelo, Pompéu e Martinho Campos, na região central mineira; Lassance, Buritizeiro e Olhos d'Água, no norte de Minas Gerais, e Paraopeba, na região metropolitana de Belo Horizonte. Quanto ao segundo aglomerado, este é praticamente o mesmo do observado em 2009, porém, há o acréscimo do município de Barra do Corda, pertencente ao centro maranhense. Assim, esse aglomerado possui apenas cinco municípios e representa cerca de 4% da produção de madeira para carvão em 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho pretendeu analisar as produções de lenha (m³), tora (m³) e carvão vegetal (t) proveniente de silvicultura brasileira nos anos de 2009 e 2018, através da análise exploratória de dados espaciais, da identificação de autocorrelação espacial e dos *clusters* ou *outliers* espaciais.

Assim, identificou-se por meio do índice global *I* de Moran, a existência de autocorrelação espacial em relação a todas variáveis e períodos analisados. Mais especificamente, autocorrelação espacial positiva, onde constatou-se a predominância de regiões do tipo alto/alto e baixo/baixo. O que na produção silvicultural reflete o fato de que muitas das regiões que apresentaram elevada produção são locais historicamente estabelecidos, com exceção da região leste do Mato Grosso do Sul que em 2018 foi impulsionada pela indústria da celulose e papel.

Outro resultado importante quanto à produção de madeira da silvicultura diz respeito à importância da região sul do Brasil, principalmente a região centro-leste do estado do Paraná e o extremo sul do estado do Rio Grande do Sul, centros na produção de florestas plantadas do país, em especial a produção de lenha (m³) e madeira em tora (m³). Em relação à produção de carvão vegetal (t) da silvicultura, os municípios pertencentes às porções nordeste, norte e centro de Minas Gerais apresentaram um grande aglomerado do tipo alto/alto para os dois períodos analisados, justamente em regiões onde a indústria siderúrgica é forte.

Portanto, nessa pesquisa verificou-se uma significativa relação espacial entre as regiões de grande produção de madeira da silvicultura. No entanto, salienta-se que para enriquecer os resultados desse trabalho seria interessante que, em investigações futuras, fossem realizadas

análises mais complexas com o uso de técnicas em estatística multivariada ou mesmo o uso de modelos de regressão espacial.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FLORESTAS PLANTADAS– (ABRAF). **Anuário Estatístico da ABRAF 2011– Ano base 2010**. Brasília, 2011.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004.

HORA, A. B. da. **Panoramas setoriais 2030: papel e celulose**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – **Sumário executivo IBÁ 2018**. Brasília: IBÁ, 2018.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS – 2018)**. Brasil, 2019.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS – 2009)**. Brasil, 2010.

MORAN, P. A. P. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society**. Series B (Methodological), v. 10, n. 2, p. 243–251, 1948.

MOREIRA, J. M. M. Á. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. de. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 85-94, 2017.

PEROBELLI, F. S.; ALMEIDA, E. S.; ALVIM, M. I. S. A.; FERREIRA, P. G. C. Produtividade do setor agrícola brasileiro (1991-2003): uma análise espacial. **Nova Economia**. v. 17, n. 1, p. 65-91, 2007.

SIMIONI, F. J.; SPANIOL, J. S.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; FACHINELLO, A. L.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; MATSUURA, M. I. dá S. F. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 731-742, 2017.